

AN: PAT 1996-012189  
TI: Tool for deforming and machining appts. comprises substrate with layer arrangement having temp. sensor and wear sensor arrangement  
PN: **EP685297-A1**  
PD: 06.12.1995  
AB: The tool comprises a substrate with a layer arrangement having a temp. sensor and a wear sensor arrangement, where the sensors are connected to a processing circuit. The novelty is that the sensors are provided on the direct wear surface of the tool. The layer arrangement is a closed layer structure comprising a 1st gradient layer implanted in the surface of the substrate, which continuously transfers from a metallic layer connected to the substrate into an insulating layer, and a conducting structured metallic layer, and a wear protection layer. Also claimed are an appts. for controlling deforming and machining processes, and prodn. of the tool.; USE - The tool is used for deforming and machining appts. ADVANTAGE - Measuring important process conditions/parameters are carried out via sensors directly on the wear surface.  
PA: (FRAU ) FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDTEN;  
IN: DIMIGEN H; KETTELER G; LUETHJE H; ZAMEL S;  
FA: **EP685297-A1** 06.12.1995; FI110357-B1 31.12.2002;  
DE4419393-A1 07.12.1995; FI9502616-A 01.12.1995;  
**EP685297-B1** 22.03.2000; DE59508025-G 27.04.2000;  
CO: AT; CH; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; IT; LI; NL; SE;  
DR: AT; CH; DE; DK; ES; FR; GB; IT; LI; NL; SE;  
IC: B23B-027/14; B23P-015/28; B23Q-000/00; B23Q-015/12;  
B23Q-017/09; C04B-035/10; C04B-035/46; C04B-035/58;  
C23C-014/22; C23C-014/34; H01C-013/00;  
MC: M13-F02; M21-E;  
DC: M13; M21; P56;  
PR: DE4419393 30.05.1994;  
FP: 01.12.1995  
UP: 13.02.2003

---



(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **95250130.2**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> : **B23Q 17/09, C23C 14/22,  
C23C 14/34**

(22) Anmeldetag : **30.05.95**

(30) Priorität : **30.05.94 DE 4419393**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**06.12.95 Patentblatt 95/49**

(84) Benannte Vertragsstaaten :  
**AT CH DE DK ES FR GB IT LI NL SE**

(71) Anmelder : **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT  
ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V.  
Leonrodstrasse 54  
D-80636 München (DE)**

(72) Erfinder : **Zamel, Stefan  
Nordstrasse 139  
D-52146 Würselen (DE)  
Erfinder : Lüthje, Holger  
Buchenweg 15  
D-25469 Halstenbek (DE)  
Erfinder : Ketteler, Georg  
Nopplusstrasse 4  
D-52062 Aachen (DE)  
Erfinder : Dimigen, Heinz, Prof. Dr.  
Olshausenstrasse 5  
D-522605 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter : **Pfenning, Meinig & Partner  
Kurfürstendamm 170  
D-10707 Berlin (DE)**

(54) **Werkzeug für Umform- und Zerspanungsvorrichtungen und Verfahren zum Herstellen eines beschichteten Werkzeugs.**

(57) Es wird ein Werkzeug für Umform- und Zerspanungsvorrichtungen, das in eine Halterung eingespannt wird, sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung vorgeschlagen. Auf die Oberfläche des Werkzeugs oder als Zwischenschicht bei einem mit einer Verschleißschuttschicht versehenen Werkzeug wird mindestens ein Sensor in Dünnschichttechnik aufgebracht, der als die Temperatur des Werkzeugs erfassender Temperatursensor (3,10) und/oder als Verschleißsensoranordnung (11) ausgebildet ist und mit einer Verarbeitungsschaltung (8) verbindbar ist. Der Schichtaufbau weist mindestens eine Gradientenschicht auf.

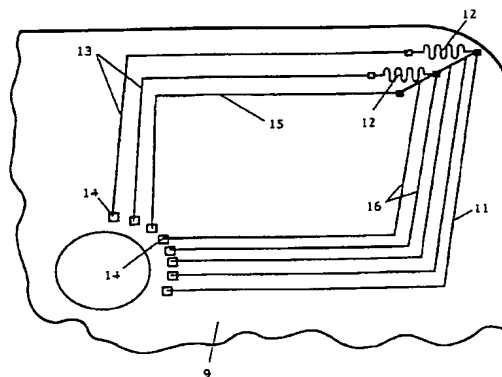


Fig. 2

Die Erfindung betrifft Werkzeuge für umformende und zerspanende Techniken, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkzeugs.

Aus der US 5 176 053 ist ein Schneidwerkzeug bekannt, das an seiner Freifläche Temperatursensoren und elektrische Leitungen in unterschiedlichen Abständen von der Schneidkante aufweist, die derart angeordnet sind, daß die Temperaturverteilung in dem Werkzeug in der Nähe der Schneidkante bestimmt werden kann. Mindestens einige der Temperatursensoren sind so angeordnet, daß sie im Laufe des Gebrauchs zerstört werden, wodurch der Verschleiß feststellbar ist.

Bei einem derartigen bekannten Schneidwerkzeug ist es nicht möglich, die Sensoren direkt auf der oder an der Schneidkante bzw. Spanfläche aufzubringen, da die Anordnung nicht in der Lage ist, den hohen Kräften im Bereich der unmittelbaren Verschleißfläche zu widerstehen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Werkzeug für Umform- und Zerspanungsvorrichtungen zu schaffen, das die Möglichkeit der Messung von wichtigen Prozeßkenngrößen über Sensoren direkt an der Verschleißfläche, d.h. auf der Werkzeugoberfläche bzw. der Schneide zur Verfügung stellt, dessen Haltbarkeit und Standzeit jedoch nicht nachteilig beeinflusst wird und wobei die Sensoranordnung starken Kräften widerstehen soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs gelöst.

Dadurch, daß Sensoren zur Messung von Temperatur und/oder des Verschleißes in Dünnschichttechnik mit der Funktionsschicht/Verschleißschuttschicht des Werkzeugs zu einer beschichtungstechnologisch integrierten Schichtfolge vereinigt werden, können bei umformenden und zerspanenden Werkzeugen die wesentlichen Prozeßgrößen (Temperatur, Verschleiß und Kraft) direkt an der Werkzeugschneide gewonnen und zur Regelung der Umform- oder Zerspanungsprozesse verwandt werden. Dadurch lassen sich intelligente Systeme schaffen, indem eine Regelung von Prozeßparametern, wie Schnittgeschwindigkeit oder Vorschub mittels wissensbasierter Rechnersysteme unter Zuhilfenahme beispielsweise von Fuzzy-Logik-Modulen durchgeführt wird. Der Schichtaufbau gewährleistet eine lange Lebensdauer und ist so ausgebildet, daß die Sensoren auf der bzw. an der direkten Verschleißfläche angebracht werden können, wobei auch gekrümmte Flächen möglich sind.

Das Aufbringen des Schichtaufbaus beispielsweise auf der Spanfläche ermöglicht eine Vereinfachung des Herstellungsverfahrens, da der Aufbau für alle Schneidflächen gleichzeitig durchgeführt werden kann und eine Vielzahl von Werkzeugen z.B. Wendeschneidplatten gleichzeitig bearbeitet werden können.

Durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen möglich.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines als Drehmeißel ausgebildeten Werkzeugs entsprechend der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine Aufsicht auf ein als Wendeschneidplatte ausgebildetes Werkzeug mit Temperatur- und Verschleißsensoren nach der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3a bis 3c Schnittdarstellungen des Schichtaufbaus der Wendeplatte nach Fig. 2, und

Fig. 4 ein anderes Ausführungsbeispiel einer Wendeplatte mit Multifunktionsensor.

In Fig. 1 ist ein Drehmeißel 1 dargestellt, der einen mit der Schneidkante versehene Schneidplatte 2 aufweist. Schematisch ist an der Schneidplatte 2 ein Sensor 3 dargestellt, der in Dünnschichttechnik als Zwischenschicht aufgebracht ist und unter einer Verschleißschuttschicht, wie später näher beschrieben wird, liegt. Während der Zerspanvorgangs mit einem solchen Werkzeug treten an der Schneidplatte 2 bzw. an ihrer Schneidkante Verschleißerscheinungen auf, die sich je nach Belastungsart und -dauer unterschiedlich stark ausbilden. Die Schneidplatte verschleißt auf der Freifläche 4 (Freiflächenverschleiß) und auf der Spanfläche 5 (Kolkverschleiß). Daher werden vorzugsweise in diesem Bereich, wie angedeutet, Sensoren entsprechend Sensor 3 vorgesehen. Der Sensor 3 ist mit Leiterbahnen 6 verbunden, die an den jeweiligen Übergängen Kontaktierungen 7 aufweisen und mit einer Schaltung 8 verbunden sind. Diese Schaltung dient der Vorverarbeitung bzw. der Auswertung der Sensorsignale und ist in der Nähe des Sensors 3 an dem Werkzeug 1 bzw. dessen Halterung angebracht. Vorzugsweise ist die Schaltung 8 als Mikroschaltung ausgebildet. Die Schaltung 8 ist über Verbindungsleitungen mit einer Steuer- und Regelschaltung verbunden, die abhängig von den Sensorsignalen die jeweiligen Parameter der das Werkzeug 1 aufweisenden Maschine steuert bzw. regelt, wobei diese Parameter beispielsweise die Schneidgeschwindigkeit oder der Vorschub oder dergleichen sein können. Die Signale zwischen der Signalvorverarbeitungs-/Auswerteschaltung und der Steuer- und Regelschaltung können auch telemetrisch übertragen werden.

In Fig. 2 ist eine Teilansicht an der Wendeschneidplatte 9, die bei einem Drehmeißel verwendet wird, gezeigt. Auf dieser Wendeplatte sind Temperatursensoren 10 und eine Verschleißsensoranordnung 11 in Form von Leiterbahnen bzw. Widerstandsschichten direkt auf der Spanfläche mit und ohne Spanführungsnut auf-

gebracht. Die Temperatursensoren 10 weisen beispielsweise einen mäanderförmigen Abschnitt 12 auf, die mit ihren einen Anschlüssen über Verbindungsleitungen 13 jeweils mit Kontaktflächen 14 verbunden sind und mit ihren anderen Anschlüssen an eine gemeinsame gleichfalls mit einer Kontaktfläche 14 verbundenen Anschlußleitung 15 angeschlossen sind. Die Verschleißsensoranordnung 11 besteht aus einer Anzahl von nebeneinanderliegenden Leiterbahnen 16, die einerseits jeweils an Kontaktflächen 14 liegen und andererseits gleichfalls an die gemeinsame Anschlußleitung 15 angeschlossen sind. Die Kontaktflächen 14 stehen mit einer Verarbeitungsschaltung entsprechend Schaltung 8 in Fig. 1 in Verbindung. Die Kontakte bzw. Kontaktflächen werden aus einem Kontaktmaterial wie Au, Ag, Pt und dergleichen gebildet.

Die Temperatur an dem Ort der Temperatursensoren 10 wird über die Änderung des Widerstands an den mäanderförmigen Abschnitten 12 aufgrund der bei der Bearbeitung auftretenden Erwärmung erfaßt. Der Verschleiß der Wendeschneidplatte 9 an den Schneidkanten wird über die Leiterbahnen 16 festgestellt, deren Widerstandsänderung in geeigneter Weise mit dem Verschleißzustand korreliert wird oder die unterbrochen werden, wenn der Verschleiß mit längerer Bearbeitungsdauer fortschreitend zunimmt. In gleicher Weise kann ein Bruch der Platte festgestellt werden.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel könnte beispielsweise die Kontaktierung der Kontaktflächen 14 über eine entsprechende Kontaktflächen aufweisende Befestigungsschraube erfolgen, die mit Leiterbahnen versehen ist, um die Signale weiterzuleiten. Es ist auch denkbar, daß die Verarbeitungsschaltung in der Mitte der Wendeschneidplatte als Mikrochip angeordnet ist und direkt mit den Kontaktflächen verbunden ist. In diesem Fall ist eine Kühlung des Chips unter Anwendung von Kühlkanälen im Chip oder in der Halterung vorgesehen.

Grundsätzlich weist der durch Sputtern aufgebraute Schichtaufbau des Werkzeugs z.B. der Wendeschneidplatte eine in ein Substrat als Grundkörper implantierte Gradientenschicht auf, bei der Metall kontinuierlich in einen Isolator übergeht, z. B. Ti-TiO<sub>x</sub>-TiO<sub>2</sub>, wobei der Sauerstoff kontinuierlich zunehmend zugeführt wird. Unter "implantiert" soll in der vorliegenden Anmeldung verstanden werden, daß die Gradientenschicht in die durch Ionenätzung mit Abtragungen versehene Oberfläche des Substrats bzw. der vorangehenden Schicht mit geringer Tiefe (z.B. 10 nm - 100 nm) eingreift, wobei die Abtragung über die an dem Substrat liegende (negative) Biasspannung z.B. zwischen 70 V und 2000 V und damit durch den Ionenbeschuß gesteuert werden kann. Durch die Maßnahme der "Implantierung" wird die Haftung verbessert.

Die Implantation kann auch dadurch erfolgen, daß eine oder mehrere der Kathoden der Multitargetsputteranlage im Arc-Mode (Bogenentladung) betrieben wird und die dabei gebildeten Metallionen bei negativem Substrat-bias in die Oberfläche der Substrate bzw. der Ausgangsschicht eingebaut werden.

Auf die Gradientenschicht kann im einfachsten Fall eine weitere Gradientenschicht als Sensorschicht aufgebracht werden, z.B. TiO<sub>2</sub>-TiO<sub>x</sub>-Ti unter Verringerung der Sauerstoffzufuhr, wobei anschließend die Sensorschicht entsprechend den Verschleißsensoren und Temperatursensoren strukturiert wird.

Es können jedoch anstelle der letzteren Gradientenschicht zwei aufeinanderfolgend aufgebraute und über eine dazwischenliegende Ionenätzung implantierte Metallschichten unterschiedlichen Materials aufgebracht werden, wobei die eine Schicht die Widerstandsschicht für die Verschleißsensoren und die andere Schicht eine thermoresistive Schicht für die Temperatursensoren bildet. Dadurch kann die Empfindlichkeit der Sensoren verbessert werden. Die Schichten werden entsprechend strukturiert.

Als weiteres wird eine Verschleißschuttschicht aufgebracht und gegebenenfalls wird vorher eine implantierte Isolationsschicht abgeschieden. Die Verschleißschuttschicht kann als Gradientenschicht, z.B. unter zunehmender Zufuhr von Stickstoff ausgebildet sein. Wenn als Verschleißschuttschicht z.B. hBN-cBN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder Diamant verwendet wird, ist eine Isolationsschicht nicht notwendig.

Alle Schichten werden so hergestellt, daß sie unter gleichzeitigem Ionenbeschuß aufwachsen, der durch die Biasspannung des Substrats gesteuert wird. Die Dichte und Härte der Schichten wird gleichfalls über die Biasspannung bzw. -potential gesteuert, wobei selbstverständlich ein Aufwachsen der Schichten möglich sein muß. Die (negative) Biasspannung liegt zwischen 70 V und 2000 V, wobei für das Aufwachsen der Schichten Werte zwischen 100 V und 400 V und für das Ionenätzen auch höhere Werte gewählt werden. Wenn die unterschiedlichen Schichten nicht kontinuierlich abgeschieden werden, wird jeweils zwischen dem Abscheiden der Schichten eine Ionenätzung für die Haftverbesserung der darauffolgenden Schicht durchgeführt.

Als Materialien für die Isolationsschichten und die Verschleißschuttschichten können TiO<sub>2</sub>, BN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> und dergleichen bzw. TiN, cBN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiC, TiAlN, TiCN, Diamant und dergleichen verwendet werden.

Wenn die Sensorschichten auf eine gekrümmte Fläche aufgebracht werden, z.B. die Spanführungsnut, kann keine Photolithographie für die Strukturierung angewandt werden. Hier wird eine Lithographie mit großer Tiefenwirkung z.B. Röntgenlithographie, Laserstrahlolithographie oder die Drei-Lagen-Technik verwendet, bei der eine ebene Fläche durch Auffüllen mit einem Photoresist oder Kunststoff und Aufbringen einer anorganischen Schicht (z.B. Metallschicht) hergestellt wird und die Anordnung anschließend geätzt wird.

Es ist denkbar, daß der Schichtaufbau auf dem Werkstück in einer anderen Reihenfolge als oben beschrieben hergestellt wird. Die Verschleißschuttschicht kann beispielsweise als Gradientenschicht direkt auf das Sub-

strat aufgebracht werden, wobei dann allerdings bei einer leitfähigen Schicht zwischen dieser Schicht und der Sensorschicht eine Isolationsschicht abgeschieden werden muß.

In Fig. 3a bis 3c wird die Herstellung einer Wendeschneidplatte nach einem Ausführungsbeispiel mit integrierten Sensoren näher beschrieben. Als Substrat dient eine handelsübliche Wendeschneidplatte 17 aus einem Hartmetall oder einem Cermet, die eine Dicke im Bereich von 3 bis 5 mm aufweist. Die Wendeschneidplatte 17 weist eine glatte Oberfläche auf. Vor dem Beschichten wird die Wendeschneidplatte mit einem alkalischen Reinigungsbad entfettet und in deionisiertem Wasser gespült und getrocknet und in eine mechanische Maske 18 eingespannt. Die Beschichtung erfolgt in einer bekannten Sputteranlage, wobei der Substrattisch, der die Halterung für eine oder mehrere Wendeschneidplatten aufnimmt, mit einer Biasquelle verbunden ist, wodurch hoch- und mittelfrequente Versorgungsspannungen als auch Gleichstromversorgung an den Substrattisch angelegt werden können. Nach dem Einbau der Substrate wird auf  $10^{-6}$  mbar evakuiert, ein Ionenätzschritt zur Vorreinigung der Substrate bei einem negativen Potential an dem Substrathalter von 600 V durchgeführt, wobei gleichzeitig ein Freisputtern der Targets erfolgt. Es wird zunächst eine  $\text{Ti-TiO}_x$ -Gradientenschicht zur Verbesserung der Haftung mit einer Dicke von 100 nm als Zwischenschicht 19 aufgebracht, worauf die Abscheidung einer  $\text{TiO}_2$ -Isolationsschicht 20 folgt. Auf die Isolationsschicht wird eine weitere Zwischenschicht 21 aus Titan abgeschieden. Zwischenschichten 19 und 21 und Isolationsschicht 20 weisen eine Gesamtdicke von 1,5 - 3,0  $\mu\text{m}$  auf. Der Biasspannungsgradient an dem Substrattisch beträgt dabei 1400 V - 100 V.

In einem nächsten Teilprozeß wird zur Herstellung einer Leiterbahnschicht 22 eine Molybdänschicht mit einer Dicke von 1  $\mu\text{m}$  oder eine Titanschicht bei einem Substratbias von -50 V aufgestäubt. Die Ätzung der Leiterbahnen wird unter Anwendung üblicher lithographischer Methoden durchgeführt, wobei die Wendeschneidplatte mit einem Photoresist mit Hilfe eines Spin-Coaters belackt, im UV-Kontaktverfahren mit Hilfe einer Cr-Maske belichtet und in einem alkalischen Entwickler entwickelt wird. Anschließend wird in einer Ätzanlage die Mo-Schicht strukturiert.

Entsprechend Fig. 3b wird anschließend eine thermoresistive Schicht durch Sputtern aufgebracht, die aus einer Gradientenhaftschicht als Zwischenschicht 23 und einer Widerstandsschicht 24 aus Mo besteht, die in einer Dicke von 100 nm aufgesputtert wird. Die thermoresistive Schicht 23, 24 wird wiederum mit den üblichen lithographischen Methoden wie oben strukturiert, so daß die Thermosensoren die gewünschte Form erhalten. Mit Hilfe der Mäandergeometrie und der Bahnbreite wird ein Widerstand von ca. 100  $\Omega$  realisiert.

Entsprechend Fig. 3 wird eine weitere Isolationsschicht aus  $\text{TiO}_2$  25 aufgebracht, wobei gleichfalls eine Gradientenhaftschicht vorgesehen wird, die jedoch in Fig. 3c ebenso wie die zweite und dritte Zwischenschicht nicht dargestellt ist. Als letztes wird die Verschleißschuttschicht 26 aus  $\text{TiN}$  in einer Dicke von 5  $\mu\text{m}$  aufgesputtert.

Diese beschriebene Schichtfolge wird nur als Beispiel angegeben; selbstverständlich können zusätzliche Schichten und eine andere Schichtfolge vorgesehen werden und in gleicher Weise kann ein anderes Material verwendet werden. Beispielsweise kann als Isolationsschicht ein Bornitrid BN verwendet werden und die Verschleißschuttschicht kann gleichfalls als cBN-Schicht ausgebildet sein.

Ein Herstellungsprozeß für ein derartiges Ausführungsbeispiel ist wie folgt. Die Wendeschneidplatte (wie oben) als Substrat wird gereinigt, entfettet und in eine 4-Target-Sputteranlage eingebaut, die auf  $< 2 \times 10^{-6}$  mbar evakuiert wird. Die Targets und die Substrate werden durch Ionenätzung bei geschlossenem Shutter gereinigt. Anschließend wird eine Gradientenschicht aus  $\text{TiBN}$  und eine Isolationsschicht aus  $\text{BN(C)}$  aufgestäubt. Dies wird in einer DC-Magnetron Sputteranlage bei  $4 \times 10^{-3}$  mbar Totaldruck durchgeführt, wobei ein  $\text{TiB}_2$ -Target (Gradientenschicht) und ein  $\text{B}_4\text{C}$ -Target (Isolationsschicht) reaktiv mit unterschiedlichen  $\text{N}_2/\text{Ar}$  Gasmischungen gesputtert werden. Anschließend wird eine Leiterbahnschicht aus Mo mit einer Schichtdicke von 1  $\mu\text{m}$  hergestellt, die lithographiert und strukturiert wird. Die thermoresistiven Sensorelemente werden durch Sputtern von Mo in einer Schichtdicke von 100 nm, Fotolithographie und Strukturierung durch reaktive Ionenätzung hergestellt. Daraufhin wird eine Gradientenhaftschicht und eine Verschleißschuttschicht durch Sputtern aufgebracht. Hierzu wird das Werkzeug in eine Magnetronspalteranlage eingebaut. Das Target besteht aus  $\text{B}_4\text{C}$ . Nach einem Freisputterprozeß für das Target und einem kurzen Ionenätzschritt zur Substratreinigung wird eine  $\text{Ar/N}_2$  Gasmischung von 30 %  $\text{N}_2$  in den Rezipienten eingeleitet und bei einem Gasdruck von  $50 \times 10^{-3}$  mbar eine nanokristalline c-BN Schicht auf das Werkzeug aufgestäubt. Die Leistung am Target (250 x 120 mm) beträgt 1,5 KW, am Substrat wird eine Gleichspannung von 250 V angelegt. Die Beschichtungstemperatur beträgt ca. 300° C. Unter diesen Bedingungen bildet sich eine harte Verschleißschuttschicht aus, die neben der kubischen BN-Phase nur noch geringe Anteile von hexagonalem BN und ca. 5 % Kohlenstoff vermutlich in karbidischer oder  $\text{sp}^3$ -Bindung enthält. Der Vorteil einer Verschleißschuttschicht aus c-BN oder Diamant besteht mit Blick auf die Integration von Dünnschichtsensoren darin, daß gegenüber den leitfähigen Ti-basierenden Hartschichtsystemen eine Isolationsschicht entfallen kann.

In Fig. 4 ist eine weitere Aufsicht auf eine Wendeschneidplatte 27 dargestellt, bei der eine Kombination

von Temperatur- und Verschleißsensoren ("Multifunktionssensor") vorgesehen sind. Bei dieser Ausführungsform sind die mäanderförmigen Abschnitte 12 der Temperatursensoren in die Leiterbahnen 16 der Verschleißsensoranordnung integriert, so daß keine zusätzlichen Leiterbahnen für die Temperatursensoren vorgesehen werden müssen.

5 Selbstverständlich können weitere Sensoren in die Werkzeugen integriert sein, die direkt als Schicht ausgebildet sind oder an dem Werkzeug z. B. an der Unterseite oder der Halterung vorgesehen werden. So kann beispielsweise ein Kraft- und/oder Biegesensor als piezoelektrische Schicht aufgebracht werden oder als Dehnungsmeßbrücke ausgebildet werden. Auch sind Vibrationssensoren denkbar, so daß eine Vielzahl von Einflußgrößen erfaßt werden können.

10

#### Patentansprüche

1. Werkzeug für Umform- und Zerspanungsvorrichtungen, das in eine Halterung eingespannt wird, und aus  
15 einem Substrat mit einer darauf aufgetragenen, mindestens einen Temperatursensor und eine Verschleißsensoranordnung aufweisenden Schichtanordnung besteht, wobei die Sensoren mit einer Verarbeitungsschaltung verbindbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sensoren an der direkten Verschleißfläche des Werkzeugs vorgesehen sind und daß die Schichtanordnung ein geschlossener Schichtaufbau ist, der  
20 mindestens eine in die Oberfläche des Substrats implantierte aufgewachsene erste Gradientenschicht, die von einer mit dem Substrat verbundenen Metallschicht kontinuierlich in eine Isolationsschicht übergeht, sowie mindestens eine leitende, die Sensoren bildende strukturierte Metallschicht und eine Verschleißschutzschicht aufweist.
2. Werkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine leitende, die Sensoren  
25 bildende strukturierte Metallschicht als zweite Gradientenschicht ausgebildet ist, die kontinuierlich von der Isolationsschicht der ersten Gradientenschicht in eine Metallschicht übergeht.
3. Werkzeug nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwei jeweils in die davor liegende Schicht implantierte leitende, die Sensoren bildenden strukturierte Metallschichten vorgesehen  
30 sind, von denen eine eine Verschleißsensoranordnung bildende Widerstandsschicht und die andere eine Temperatursensoren bildende thermoresistive Schicht ist.
4. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschleißschutzschicht  
35 als dritte Gradientenschicht unter Zwischenschaltung einer Isolationsschicht ausgebildet ist.
5. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Gradientenschicht eine Titan-Titanoxid- und die dritte Gradientenschicht eine Titan-Titanitridschicht sind.
6. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschleißschutzschicht  
40 eine in die darunterliegende Schicht implantierte kubische Bornitridschicht oder Diamantschicht ist.
7. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat eine Wendschneidplatte aus Hartmetall oder Cermet ist, wobei der Schichtaufbau auf der Spanfläche mit und ohne  
45 Spanführungsnut aufgebracht ist.
8. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungsschaltung als Mikrochip ausgebildet ist, die an dem Werkzeug oder der Halterung angeordnet ist und mit den Sensoren verbunden ist.
9. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich Kraft- und/oder  
50 Biegesensoren als ferroelektrische oder piezoresistive Schichten vorgesehen sind.
10. Vorrichtung zur Regelung von Umform- und Zerspanungsprozessen mit einer Umform- und Zerspanungsvorrichtung, die ein in einer Halterung eingespanntes Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist, und mit einer Steuer-Regelschaltung, die über eine mit den Sensoren des Werkzeugs verbundene  
55 Verarbeitungsschaltung Temperatur- und/oder Verschleiß- und/oder Kraftsignale empfängt und abhängig von diesen Signalen die Parameter der Umform- und Zerspanungsvorrichtung wie Geschwindigkeit, Vorschub oder dergleichen steuert bzw. regelt.

- 5 11. Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugs für Umform und Zerspanungsvorrichtungen, wobei das Werkzeug aus einem Substrat und einer darauf aufgebracht mindestens einen Temperatursensor und eine Verschleißsensoranordnung aufweisenden Schichtaufbau besteht, dadurch gekennzeichnet, daß, das Substrat einer Ionenätzung unterzogen wird und auf die direkte Verschleißfläche kontinuierlich eine Gradientenschicht durch Sputtern bei zunehmender Zufuhr eines Reaktionsgases aufgewachsen wird, die von einer Metallschicht in eine Isolationsschicht übergeht, daß mindestens eine leitende Sensorschicht durch Sputtern aufgebracht und anschließend strukturiert wird und daß eine Verschleißschuttschicht durch Sputtern abgeschieden wird, wobei alle Schichten unter gleichzeitigem gesteuerten Ionenbeschuß aufwachsen.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die leitende Sensorschicht als Gradientenschicht mit zunehmender Reduktion des Reaktionsgases aufgebracht wird.
- 15 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschleißschuttschicht als Gradientenschicht mit Zunahme der Zufuhr eines Reaktionsgases aufgewachsen wird.
- 20 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der Abtragung von Material vom Substrat während der Ionenätzung und/oder die Dichte und Härte der aufgetragten Schichten des Schichtaufbaus durch die Biasspannung bzw. Biaspotential am Substrat für den Ionenbeschuß gesteuert wird, wobei Werte zwischen 70 V und 2000 V vorgesehen werden.
- 25 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
 a) Vorreinigen eines Substrats durch Ionenätzung,  
 b) Aufbringen einer als Haftverbesserungsschicht und Isolationsschicht wirkende Gradientenschicht von  $\text{TiO}_x$ - $\text{TiO}_2$ -Isolationsschicht auf das Substrat durch ein Sputter-verfahren und zunehmender Zufuhr von Sauerstoff,  
 c) Aufbringen einer Ti, Mo oder W enthaltenden Leiterbahnschicht mit dem Sputterverfahren,  
 d) Aufbringen einer Maske entsprechend den gewünschten Leiterbahnen und Kontaktflächen und Ätzen der nicht durch die Maske abgedeckten Leiterbahnschicht,  
 e) Aufbringen einer thermoresistiven Schicht aus Mo oder dergleichen durch Sputtern,  
 f) Strukturieren der thermoresistiven Schicht entsprechend Schritt d),  
 g) Aufbringen einer zweiten  $\text{TiO}_2$ -Isolationsschicht entsprechend Schritt b), und  
 h) Aufbringen einer Verschleißschuttschicht als Gradientenschicht Ti-TiN durch Sputtern und zunehmender Zufuhr von Stickstoff.
- 35 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
 a) Vorreinigen eines Substrats durch Ionenätzung,  
 b) Aufbringen einer Gradientenschicht aus TiBN und einer Isolationsschicht aus BN,  
 c) Aufbringen einer Ti, Mo oder W enthaltenden Leiterbahnschicht,  
 d) Strukturieren der Leiterbahnschicht,  
 e) Sputtern einer thermoresistiven Schicht aus Mo oder dergleichen Materialien,  
 f) Strukturieren der thermoresistiven Schicht,  
 g) Aufbringen einer Gradientenhaftschicht und einer Verschleißschuttschicht aus c-BN durch Sputtern.
- 45 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Substrattemperatur während der Schichtherstellung im Bereich von 50° C bis 900° C liegt.
- 50 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiterbahnen und thermoresistive Schicht zur Stabilisierung getempert werden.
- 55 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zur Strukturierung der Sensorschichten bei gekrümmten Substratflächen eine Lithographie mit großer Tiefenwirkung z.B. Röntgenlithographie, Laserlithographie oder die Drei-Lagen-Technik verwendet wird.

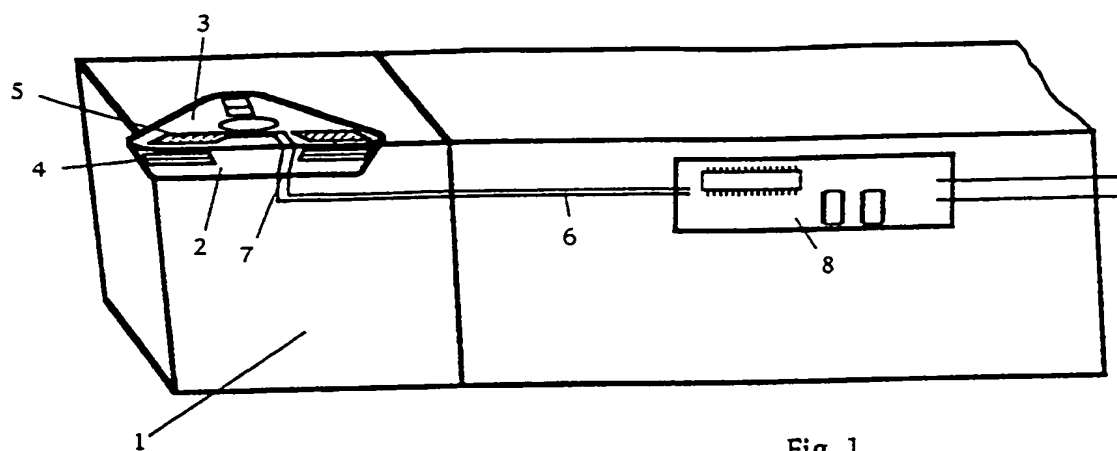


Fig. 1

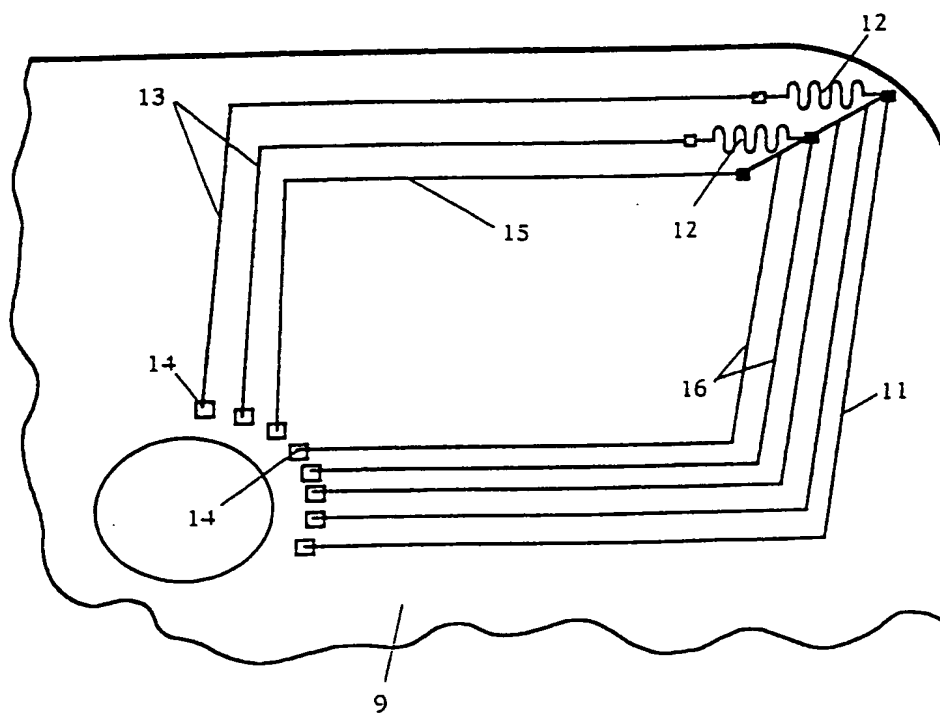
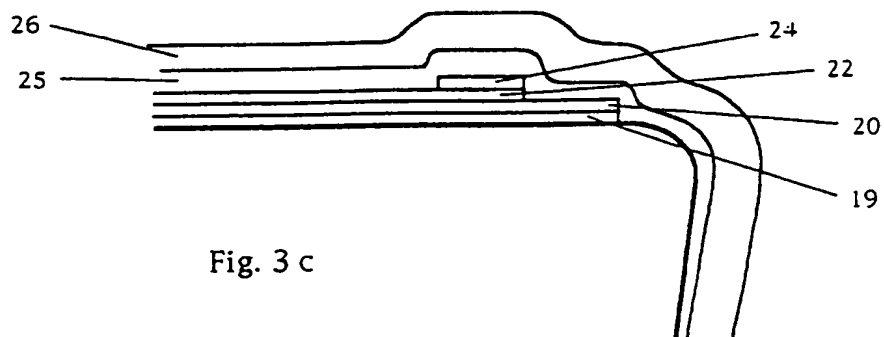
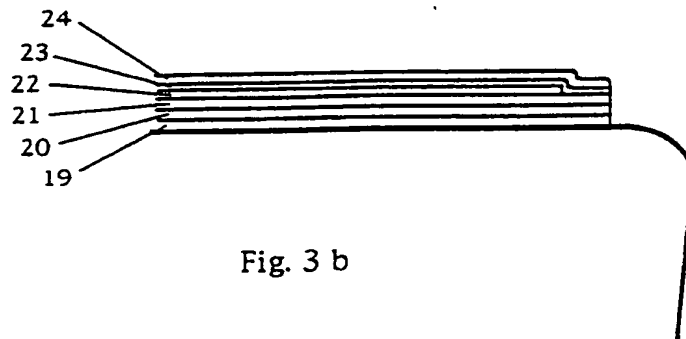
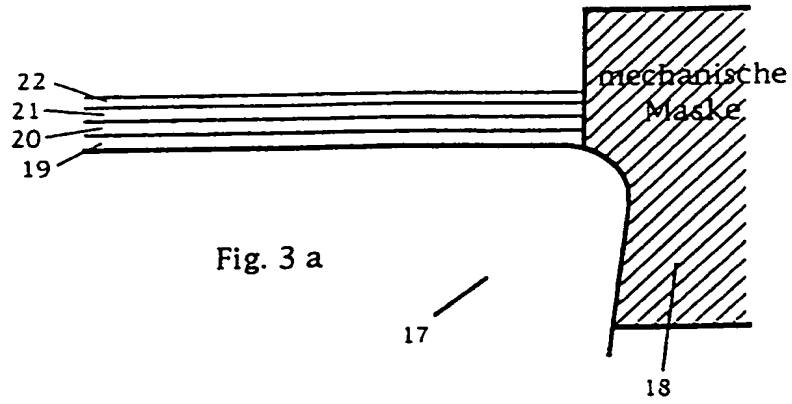


Fig. 2





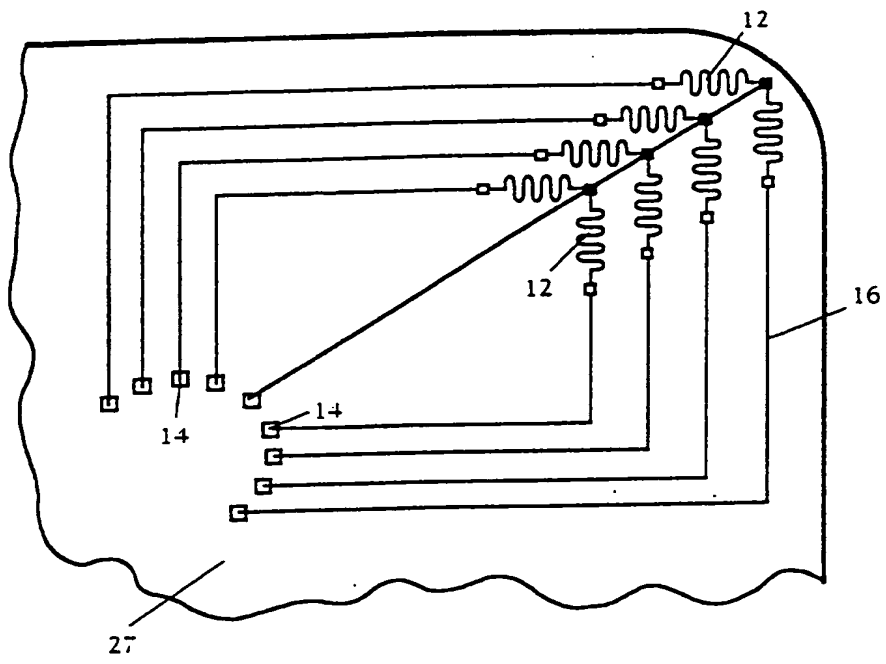


Fig. 4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 25 0130

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	WO-A-87 04236 (ALVELID)	1,2,5-7, 9,10	B23Q17/09 C23C14/22 C23C14/34
Y	* das ganze Dokument *	11-14	
Y	WO-A-87 04471 (GILLETTE)	11-14	
A	* Zusammenfassung; Abbildung 3 *		
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4 no. 14 (E-169), 31. Januar 1980 & JP-A-54 154373 (HITACHI)	1,2,9,10	
A	* Zusammenfassung *	11	
D,X	WO-A-90 05607 (ALVELID)	10	
A	* Seite 4, Zeile 1 - Seite 9, Zeile 15; Abbildungen 1-8 *		
A	EP-A-0 596 619 (CRYSTALLUME)	1,6,10, 11	
	* Spalte 4, Zeile 4 - Spalte 8, Zeile 10; Abbildungen 1-3B *		
A	GB-A-2 190 925 (VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTRUMENTALNY INSTITUT) * Zusammenfassung *	11-19	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)  B23Q C23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>7. September 1995</b>	Prüfer <b>Ljungberg, R</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 150 (11/91) (P4/C03)